

## Reciclaje de envases de cartón Tetra Pak

Fernando Luiz Neves  
Tetra Pak / Brasil

### Resumen

Exposición de los resultados obtenidos en diversos trabajos científicos que muestran los beneficios del uso de las fibras recicladas secundarias más allá de su utilización en la industria papelera en el mercado brasileño, a partir de los envases de cartón Tetra Brik Aseptic, popularmente conocidos como envases larga vida para productos refrigerados, especialmente jugos y leche pasteurizada. Se destaca que estas fibras poseen un mercado creciente ya que son una fuente de materia prima de alta calidad, además de que ofrecen un alto valor agregado, ya que tecnológicamente es posible aprovechar todo el envase. Una ventaja adicional reside en que el proceso de implantación del reciclaje de envases de cartón —así como el de toda suerte de materiales que son depositados día a día en los basureros urbanos— se convierte en una fuente de empleo y en instrumento que ayuda a solucionar la gestión de la basura urbana en las principales ciudades.

### Abstract

*An exposition of results obtained in several scientific analysis demonstrating the benefits of using secondary recycled fibers further on its common usage in the Brazilian market, starting from the example of cardboard containers Tetra Brik Aseptic, better known as long life containers for refrigerated goods, specially juices and pasteurized milk. These fibers hold a growing market since they stand as a source of high quality raw material and they also offer an added value, because it is technologically possible to use the whole container. Another advantage about cardboard containers recycling — as well as all materials left in urban dumps — is that it turns into an employment option and a solution to the urban waste processing in big cities.*

La utilización de fibras recicladas es cada vez mayor pero el factor económico aún aparece como una dificultad preponderante, principalmente en el mercado brasileño, sin embargo, debido a exigencias ambientales que favorecen la utilización de fibras secundarias en la industria papelera, este asunto viene siendo objeto de diversos trabajos científicos tendientes a demostrar los beneficios de la utilización de este tipo de fibra.

Sin duda, la mayor ventaja es la ambiental, ya que la basura es hoy un problema de todos los grandes centros urbanos. En algunos países, como Bélgica, por ejemplo, hay leyes que para la elaboración de papeles exigen un uso cada vez mayor de residuos del producto. A ese respecto Neves (1994) comenta que los americanos adoptaron como meta para 1990 la inclusión de 10% de residuos en todos los papeles de impresión comercializados, debiendo esa meta alcanzar 15% en 1995 y llegar a 25% en el año 2000.

El reciclaje de los envases de cartón posconsumo forma parte de las metas ambientales establecidas por Tetra Pak en su sistema de gestión ambiental. La implementación de una tecnología adecuada y de incentivos a las recolecciones selectivas también son metas del sistema.

Los envases de cartón Tetra Brik Aseptic, utilizados para el envasado aséptico después del proceso de ultrapasteurización, están constituidos por tres materias primas: papel dúplex, aluminio y polietileno de baja densidad. El envase Tetra Brik Aseptic, popularmente conocido como envase larga vida, está constituido por seis capas, que son, de adentro hacia afuera: polietileno, polietileno, aluminio, polietileno,

### Descriptorios:

Proceso reciclaje envases cartón; Reciclaje basura urbana

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 18-III, 2002, pp. 41-48.  
Recibido el 07/05/03 - Aceptado el 06/06/03

papel y polietileno. Las capas interiores de polietileno tienen la función de impermeabilizar el envase internamente y evitar el contacto del alimento con el aluminio. A su vez, la capa de aluminio impide la entrada de luz y aire, lo que garantiza la preservación de los alimentos. La composición del envase es de 75% de papel dúplex (fibra larga), 20% de polietileno y 5% de aluminio.

Los envases Tetra Rex están constituidos por papel blanqueado y polietileno, pudiendo tener en su composición una capa de aluminio. Se utilizan para productos refrigerados, como jugos y leches pasteurizadas.

Los envases Tetra Top están constituidos por papel dúplex y polietileno y se utilizan para productos pasteurizados.

El reciclaje de envases se realiza primeramente en fábricas de papel que utilizan las fibras para la elaboración de los diversos tipos de productos. El reciclaje del polietileno y del aluminio, generados en la fábrica de papel, puede realizarse de tres maneras diferentes: la recuperación de energía del aluminio y del polietileno a través de la incineración en calderas de biomasa, con lo que se favorece el ahorro de combustible; la recuperación del aluminio en hornos de pirólisis; o la fabricación de piezas por procesos de extrusión o termoinyección.

## Recolección selectiva

El proceso de recolección selectiva es parte importante del proceso de implantación del reciclaje de envases de cartón y de toda suerte de materiales que son depositados día a día en los basureros urbanos. La tendencia es que la recolección selectiva se establezca por ley, como instrumento que ayude a solucionar la gestión de la basura urbana. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Saneamiento Básico, realizada por el Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) y publicada en 1991, 76% de la basura de los municipios brasileños se dispone a cielo abierto, 13% en vertederos de basura controlados, 10% en vertederos de basura comunes y apenas 1% es tratado (compostaje, reciclaje e incineración). Según datos del CEMPRE/IPT, cerca de 10% del material procesado en usinas de preselección y compostaje es reciclable.

Con el objetivo de evaluar los programas de recolección selectiva, desde 1992 el CEMPRE desarrolla la línea de investigación "Ciclosoft"; hasta 1994 los datos

recopilados mostraban que 39% del material preseleccionado era papel. Los envases larga vida correspondían a 2% del material seleccionado.

El mercado de reciclados en Brasil comienza a formar parte de la plataforma política de diversos municipios y cuenta con el apoyo de empresas del sector privado que incentivan tales programas. Este es el caso de Tetra Pak, que se asocia con empresas recicladoras para desarrollar en conjunto las alteraciones necesarias en los procesos de fabricación de papel o de plástico e incentivar a los municipios para que implanten sistemas eficientes de recolección selectiva y de venta de los materiales seleccionados. En Brasil, ciudades como Curitiba, Porto Alegre, Florianópolis, Campinas, Caxias do Sul, Jundiá y São José dos Campos, entre otras, han adoptado la recolección selectiva que incluye la recolección de los envases de cartón.

Los envases utilizados en el proceso de reciclaje industrial fueron obtenidos de la recolección selectiva de la ciudad de Campinas. El proceso de recolección del material se realiza a través de las municipalidades o empresas vinculadas a éstas. Después de la recolección de la basura reciclable se realiza una preselección del material, que posteriormente será enfardado y comercializado.

## Proceso de reciclaje de la fibra

### Disgregación

Para que el reciclaje de los envases sea posible es necesaria la separación de las distintas capas de materiales que lo componen la cual se realiza en hidrapulper de alta, mediana y baja densidad, siendo necesario un tiempo de permanencia de 30 o 40 minutos para que las fibras presentes en los envases se separen y queden suspendidas, posibilitando la extracción por bombeo. En el proceso, la disgregación de este tipo de material no requiere la utilización de ningún aditivo químico ni de calor.

Las fibras de envase de cartón Tetra Pak se utilizan para la elaboración de varios tipos de productos, como cartón corrugado, cartulinas, envases para huevos, plantillas para calzados, papel tissue, etc.

El tipo de rotor y su velocidad afectan la calidad de la fibra. Las figuras 1 y 2 muestran ejes de rotación que operan en baja densidad (menos de 6%). Las fi-

Figuras 3 y 4 muestran procesos en los que se utilizan rotores para operaciones de alta o mediana densidad (10% a 15% de densidad), de tipo helicoidal.

La elección del tipo de eje de rotación está relacionada con la calidad de la fibra, ya que los procesos con alta densidad promueven una disgregación más suave, mientras que procesos con baja densidad efectúan un corte de las fibras que se reflejará en las características finales del papel.

El número de veces que se consigue reciclar la fibra preservando determinadas características también puede verse afectado por el tipo de disgregación que se realiza.

### Datos de proceso

En las pruebas realizadas en fábricas de papel se utilizan velocidades de 280 r.p.m. a 450 r.p.m. para los rotores de los hidrapulper. Los coladores de filtrado de la masa de los hidrapulper utilizados varían de 4 mm a 12 mm. Los procesos de baja densidad tienen como ventaja la facilidad de extracción del material fibroso, mientras que en los procesos de alta densidad es necesario bajar la densidad para la descarga del hidrapulper o utilizar un sistema de desagote específico.

### Separación y lavado del polietileno y del aluminio

La primera separación de la fibra y del desecho del hidrapulper, compuesto de aluminio y polietileno se realiza en el mismo equipo después de la disgregación. El material fibroso que está suspendido en agua

es retirado mediante bombeo por la parte inferior del hidrapulper, atravesando una chapa perforada que evita el pasaje del polietileno y del aluminio. Estos son retirados lateralmente, por gravedad, y pasan por un proceso de separación del residuo de fibras y de lavado del polietileno y del aluminio. Las fibras retornan al proceso, mientras que el aluminio y el polietileno son prensados y secados al aire.

El separador o lavador de plástico que ofrece mayor eficiencia es el tipo Cedazo Cilíndrico Rotativo y Despresurizado. A medida que el material pasa por su interior, se produce el lavado con chorros de agua. Las fibras recuperadas vuelven al sistema de agua y son rescatadas a través de espesadores o cedazos estáticos del tipo Side Hill.

Las figuras 3 y 4 muestran, respectivamente, un hidrapulper de alta densidad y un rotor helicoidal antes y después de la disgregación y subsiguiente extracción de las fibras.

### Características del papel reciclado

El proceso de reciclaje de envases de cartón Tetra Pak con alta densidad fue estudiado por Bowser (1996). En aquel momento se usaron envases de leche y jugo posconsumo. Los envases fueron disgregados en hidrapulper de alta densidad, con eje de rotación helicoidal, durante 35 minutos, y extraídos a través de una chapa perforada con orificios de 3/8". El plástico y el aluminio restantes fueron retirados y pasaron por un separador de plástico/aluminio para la recuperación de las fibras. Luego de un proceso

**Figura 1:**  
Rotor para disgregación con baja densidad



**Figura 2:**  
Rotor para disgregación con baja densidad



**Figura 3:**  
Hidrapulper de alta densidad antes de la disgregación



**Figura 4:**  
Hidrapulper de alta densidad después de la disgregación



de depuración por medio de cedazos e hidrociclones, se retiró una muestra para ensayos y se obtuvieron los resultados que constan en la tabla 1.

Neves y Blanco (1996) trabajaron con envases de leche Tetra Rex, disgregándolos en un laboratorio a 50°C. Esos autores concluyeron que el uso de hidróxido de sodio en el proceso de disgregación resultó perjudicial porque mancha la pasta celulósica, en este caso blanqueada. Además, los datos mostraron un aumento del rendimiento del proceso para la disgregación solamente con agua. En este trabajo se obtuvieron rendimientos entre 74% y 80%. Zuben (1996) considera el rendimiento industrial alrededor de 65%, como muestra la figura 5. Los resultados de esos experimentos se presentan en el gráfico 1.

Meng y Moss (1996) evaluaron la disgregación de mezclas de envases de leche y cartones, con y sin revestimientos, con otros tipos de papeles en una planta piloto. En este trabajo se observó que en la mezcla de cartón revestido con otros tipos de papel, la eficiencia de la disgregación está en función de la presencia o no de revestimiento. Los cartones sin revestimiento no mostraron relación entre el porcentaje utilizado y la eficiencia de disgregación, mientras que cartones con revestimiento demostraron una mejor eficiencia cuando fueron disgregados con una mezcla de otros tipos de papel. También se observó que la mezcla de materiales revestidos con polietileno mostró un mejor resultado en el desprendimiento de la película de polietileno cuando se juntaba con sobras de papel de oficina.

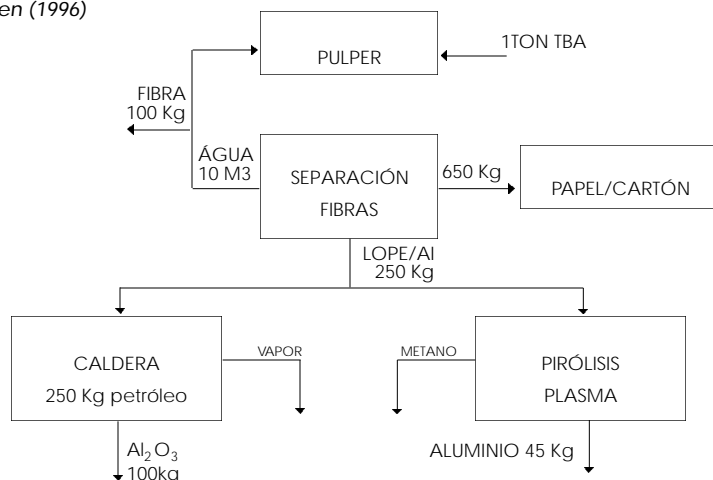
**Tabla 1:**  
Resultados obtenidos en el reciclaje de alta densidad

Ensayo	Unidad	I	II	III	IV
Índice de estallido	Kpa m2/g	3,36	3,72	3,91	4,14
Índice de rasgado	mNm2/g	12,42	12,71	11,53	11,48
Índice de tracción	Nm/g	44,18	52,75	55,22	64,59
Estiramiento	%	3,31	3,60	3,38	3,39
CSF	ml	430	397	327	257
Volumen Esp. Aparente	cm3/g	1,69	1,64	1,56	1,53

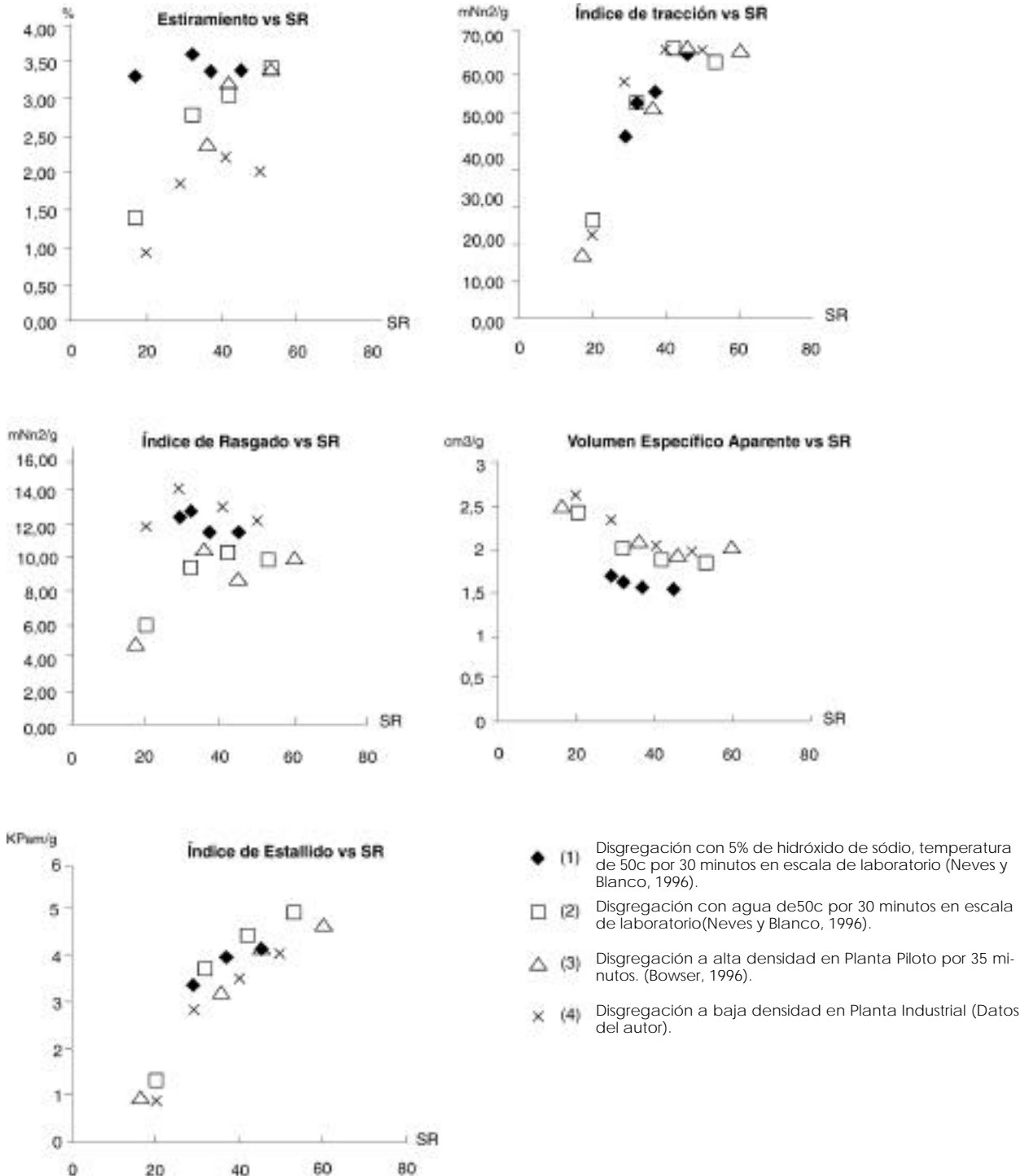
Fuente: C. S. Bowser, 1996.

**Figura 5:**  
Balance de Masa, reciclaje de envases de cartón

Fuente: F. V. Zuben (1996)



**Gráfico 1:**  
Cuadro comparativo entre pruebas de reciclaje



## Reciclaje del aluminio y del polietileno

Uno de los métodos para el aprovechamiento del aluminio y del polietileno generados en el proceso de reciclaje de los envases de cartón es la incineración con recuperación de energía. Este proceso se utiliza en países europeos que emplean el material como combustible para generar vapor y energía, reduciendo, de esa forma, el uso de combustible fósil. En este proceso la caldera debe poseer un sistema de lavado de gases o un precipitador electrostático para garantizar la retención de las partículas de aluminio. En el proceso de combustión el aluminio reacciona con el oxígeno produciendo trióxido de aluminio, que puede ser utilizado en la fabricación de polielectrolitos para tratamiento de agua o puede ser procesado en la industria de refractarios. Otro proceso posible es la recuperación del aluminio en horno de pirólisis, donde se mantiene una atmósfera con bajo tenor de oxígeno para impedir la oxidación del aluminio. En ese caso, el polie-

tileno reacciona con el oxígeno y libera energía para el proceso. Una tercera opción muy interesante en términos de mercado es el procesamiento de aluminio y polietileno en industrias recicladoras de plásticos. El polietileno es un termoplástico, por lo que puede ser re-procesado varias veces. El aluminio presente no interfiere en el proceso de inyección o extrusión quedando incorporado en la pieza final.

## Materiales y métodos

Las pruebas industriales fueron conducidas de acuerdo con el proceso de producción de las diferentes fábricas. Los fardos utilizados en varias fábricas de papel fueron obtenidos de la recolección selectiva de la ciudad de Campinas, estado de São Paulo, con un peso promedio de 300 kg. El material utilizado para ensayos fue disgregado en 35 minutos, usándose un rotor para disgregación con baja densidad (de 3% a 4%) que funcionaba entre 280 r.p.m. y 300 r.p.m.

**Tabla 2:**

Resultados de Pruebas Físicas.

Material fibroso obtenido en pruebas industriales con rotores de baja densidad.

Ensayo	Unidad	I	II	III	IV
Índice de estallido	Kpa m <sup>2</sup> /g	0,95	2,86	3,53	4,03
Índice de rasgado	mNm <sup>2</sup> /g	11,77	14,02	12,97	12,13
Índice de tracción	Nm/g	20,34	57,45	65,91	65,51
Estiramiento	%	0,93	1,85	2,20	2,00
Espesor	mm	0,1600	0,1355	0,1330	0,1290
Grado de molienda	SR	20	29	41	50
Gramaje Seco	g/m <sup>2</sup>	60,68	57,91	65,91	65,51
Tenor Seco	%	91,60	93,25	93,16	93,07
Volumen Esp. Aparente	cm <sup>3</sup> /g	2,64	2,34	2,02	1,97

**Tabla 3:**

Resultados de Pruebas Físicas.

Material fibroso obtenido en pruebas industriales con rotor de baja densidad

Ensayo	Unidad	I	II
Índice de estallido	Kpa m <sup>2</sup> /g	2,43	6,83
Índice de rasgado	mNm <sup>2</sup> /g	22,00	36,08
Concora	Nm/g	94,39	192,51
Espesor	%	0,2670	0,2370
Grado de molienda	mm	19	29
Gramaje Seco	SR	117,05	122,43
Tenor Seco	g/m <sup>2</sup>	93,23	93,13
Volumen Esp. Aparente	%	2,28	1,94

Después de la disgregación de los envases se tomaron muestras para realizar ensayos físicos. Las muestras obtenidas fueron refinadas y posteriormente se confeccionaron hojas para ensayos de pruebas físicas, de acuerdo con las normas ABNT (Asociación Brasileña de Normas Técnicas).

## Resultados y discusión

Durante la realización de las pruebas se observó que los rotores nuevos o cortantes provocaron el efecto de picado del aluminio y del polietileno que pasaban por el cedazo del hidrapulper junto con la fibra, dificultando el proceso de depuración. Para estas situaciones se recomendó la reducción de la rotación o el cambio del rotor. En algunos casos se percibió que durante la disgregación los envases de Tetra Brik Aseptic lo hicieron con mayor facilidad que los de Tetra Rex, hecho que se explica por la existencia de resistencia en estado húmedo en estas últimas. Neves, J. M. y Blanco, A. P. (1996), al trabajar con la disgregación de Tetra Rex concluyeron que el tiempo de 30 minutos a una temperatura de 50°C es suficiente para efectuar la disgregación y despegar el revestimiento.

En términos industriales, sin uso de productos químicos o calentamiento, utilizando agua industrial con temperaturas de entre 30°C y 35°C, el tiempo de 35 minutos fue suficiente para la disgregación de todo el material. Comparando los resultados de tracción con los datos obtenidos por Ratnieks, Mora y Martins (1995) —quienes trabajaron con mezclas de fibras largas, fibras de eucaliptos y sobras de papel decoloradas, consiguiendo un valor de 62 Nm/g de índice de tracción para una mezcla de 50% de fibra larga virgen y 50% de fibra de eucalipto virgen y valores de 57 Nm/g para mezclas de 50% de aparas con 50% de fibra larga— consideramos que el valor de 57,45 N/mg obtenido en el experimento con grado de refinado 29°SR es bastante razonable. Los valores obtenidos por Bowser (1996) y Neves y Blanco (1996) se encuentran en esa misma franja.

Los resultados de índices de tracción y rasgado muestran valores más elevados cuando son tratados sin temperatura. Los datos registrados en el experimento con baja densidad superaron los resultados obtenidos. Los datos relativos a tracción muestran estabilidad después de los 40°SR, mientras que los datos relativos al rasgado declinan después de ese valor. Ese fenómeno se produce en función del corte de fibras pues el indi-

ce de rasgado está ligado directamente al largo de la fibra (disminuye en función del corte de fibras en el refinado prolongado). Esa tendencia también es observada por Ratnieks, Mora y Martins (1995).

Los datos muestran que la disgregación con alta densidad favorece los resultados de estiramiento, promoviendo un valor inicial (refinado cero) para índices de tracción y rasgado mayores, además de un valor inicial mayor de grado de refinado. Ese hecho está claramente vinculado al tipo de eje de rotación utilizado en el proceso, que mantiene las características de la fibra más aproximadas a las originales, evitando el corte excesivo. La mayor fricción fibra-fibra en alta densidad promueve, probablemente, una mayor fibrilación, lo que se traduce en un incremento de los valores de grado de refinado para tiempos de disgregación semejantes.

Por otro lado, la masa refinada después muestra valores más bajos de índice de rasgado que la refinada con baja densidad. Una posible explicación para ese hecho puede estar en los diferentes tipos de refinado realizados.

Nanko, Ohsawa y Okagawa (1989) comentan que una fibra que no sufrió refinado tiene su pared primaria más o menos dañada; en un refinado suave se produce la remoción de la pared primaria; en una fibra bien refinada se comienza a destruir la pared secundaria; y en un refinado extremo se destruye la fibrilación interna. Cuando se trata de fibras secundarias el cuidado con el refinado es extremadamente importante. Un refinado suave en las fibras secundarias es siempre necesario para que se produzca la reapertura de la estructura de la fibra que fue cerrada en el proceso de secado.

Un factor importante a destacar en la comparación entre los datos es que en las características físicas comparadas no pesa el hecho de que algunas fibras hayan pasado por el proceso de blanqueado y otras no. Sin embargo, el blanqueado no parece afectar en forma significativa las características comparadas. Vale resaltar que la muestra utilizada en la prueba industrial es una composición de fibras blanqueadas y no blanqueadas.

Los valores obtenidos para las pruebas atienden al conjunto de características que el mercado requiere para los diferentes tipos de papel. Parte del experimento en cuestión se realizó en fábricas para produc-

ción de papel corrugado y los ensayos presentan valores del concora test dentro de los patrones requeridos por el mercado.

## Conclusión

El uso de fibras recicladas de envases de cartón posee un mercado creciente, siendo una buena fuente de materia prima de alta calidad en lo que se refiere a reciclados, además de que posee alto valor agregado, ya que tecnológicamente es posible aprovechar todo el envase.

La contribución ambiental es, sin duda, un factor muy importante, pues el reciclaje es un gran aporte a la solución de la administración de los residuos sólidos urbanos. En términos de mercado, las continuas exigencias internacionales para que se produzcan cada vez más papeles reciclados y de buena calidad se conjugan con la obtención de una fibra de excelente calidad, ya que ésta contribuye a mejorar las características de esos papeles. Los resultados mostraron valores de tracción, rasgado, estiramiento, estallido y concora dentro de los valores exigidos por el mercado, con sensible potencial de ventaja en estas características obtenidas a través de un refinado moderado.

El uso de rotores de alta densidad evita cortes excesivos en el proceso de disgregación además de trabajar el grado de refinado de la pasta, lo que resul-

ta en un ahorro energético en la fabricación del papel. Por otro lado, la mayor parte de los equipamientos instalados en Brasil para la fabricación de papel reciclado operan con hidrapulpers de baja densidad. Ello trae como ventaja la baja inversión en cambios industriales para reciclar el material en cuestión, facilitando también el desagote del equipamiento, ya que las densidades menores son fáciles de bombear.

El tipo de rotor y su velocidad de rotación alteran las características finales de las fibras. Los rotores cortantes provocan el efecto negativo de cortar el aluminio y el polietileno, lo que puede contaminar la pasta celulósica y comprometer la depuración. Para procesos con picado del material en tamaños muy pequeños, al punto de pasar por los orificios del cedazo del hidrapulper, se recomienda el cambio de rotor o la disminución de la rotación.

El tipo de separador y lavado de los desechos (polietileno con aluminio) que ha dado mejor resultado es el Cedazo Rotativo Cilíndrico y Despresurizado.

El desecho de la disgregación, luego de pasar por el proceso de lavado en ese Cedazo, puede ser vendido para reciclaje de plásticos o incinerado en calderas de biomasa con sistemas de lavado de gases o precipitadores electrostáticos. Se está desarrollando, en la esfera industrial, el reciclaje del aluminio por proceso de pirólisis.

## Bibliografía

- Almeida, M. L. O. (1996). "O Uso de Aparas na Fabricação de Papel e Cartão". Seminário IPT. São Paulo.
- Bowser, C. S. (1996). Black Clawson Report for Upgrading Carton Stock. The Black Clawson Company Shartle Division – Technology Center - Middletown, Ohio.
- Meng, X. M. y Moss, C. S. (1996). Repulping of Polycoated Materials with Mixed Office Waste – Effect of Mixture Composition. Alfa Laval Celleco Inc., Lawrenceville. Laboratory Report.
- Nanko, H., Ohsawa, A. y Okagawa, A. (1989). "How to See Interfibre Bonding in Paper Sheets", *Journal of Pulp and Paper Science*, vol. 15, nº 1.
- Neves, J. M. (1994). "Perspectivas para o uso de fibras secundárias no Brasil", *O Papel*, Fevereiro 1994.
- Neves, J. M. y Blanco, A. P. (1994). "Recuperação de fibras secundárias de materiais com resistência a úmido: cartões para embalagens de leite", *O Papel*, Janeiro 1996.
- Ratnieks, E., Mora, E. y Martins, M. A. L. (1995). "Propriedades papeleiras de misturas de polpa. Fibras de eucalipto, aparas destinadas a fibras longas", *O Papel*, Setembro 1995.
- Zuben, F. V. (1996). "Reciclagem de Embalagens Longa-vida Tetra Pak". III Seminário Internacional de Reciclagem do Alumínio. Colômbia de Trabalhos. São Paulo.